

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : **11-121377**  
 (43)Date of publication of application : **30.04.1999**

(51)Int.CI. **H01L 21/20**

(21)Application number : **10-237751** (71)Applicant : **INTERNATL BUSINESS MACH CORP <IBM>**

(22)Date of filing : **24.08.1998** (72)Inventor : **SRIKRISHNAN KRIS V**

(30)Priority

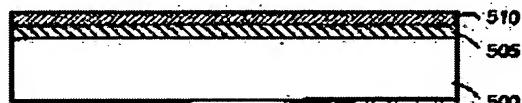
Priority number : **97 920117** Priority date : **26.08.1997** Priority country : **US**

**(54) IMPROVED SMART CUT PROCESS FOR MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR MATERIAL THIN FILM**

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To permit selection and control of uniformity and thickness of a silicon-type device layer, by using an etching stop layer formed by chemical evaporation under a device layer of a starting base.

**SOLUTION:** A silicon single crystal semiconductor wafer 500 is used as a starting point, and a thin etching stop layer 505 having predetermined composition and thickness is epitaxially grown on the surface of the wafer 500. It is preferred that the etching stop layer 505 is a Ge compensation layer of Si-Ge doped at a high concentration, and that the dopant concentration is 1020-1021 atoms/cm<sup>3</sup> with boron. This layer is attached by using a chemical evaporation process. Next, a thin device layer 510 having selected thickness and dopant concentration is epitaxially attached onto the etching stop layer 505. The device layer 510 may be Si, Si-Ge, Ge, or other arbitrary compound semiconductors.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] **12.07.1999**

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] **3037934**

[Date of registration] **25.02.2000**

**BEST AVAILABLE COPY**

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-121377

(43)公開日 平成11年(1999)4月30日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

H 0 1 L 21/20

F I

H 0 1 L 21/20

審査請求 未請求 請求項の数25 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平10-237751

(71)出願人 390009531

(22)出願日 平成10年(1998)8月24日

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレイション

(31)優先権主張番号 08/920117

INTERNATIONAL BUSINESSES MACHINES CORPORATION

(32)優先日 1997年8月26日

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州  
アーモンク (番地なし)

(33)優先権主張国 米国(US)

(72)発明者 ク里斯・ブイ・スリクリシュナン  
アメリカ合衆国12590、ニューヨーク州ワッピングガーズ・フォールズ、シャーウッド・ハイツ 33

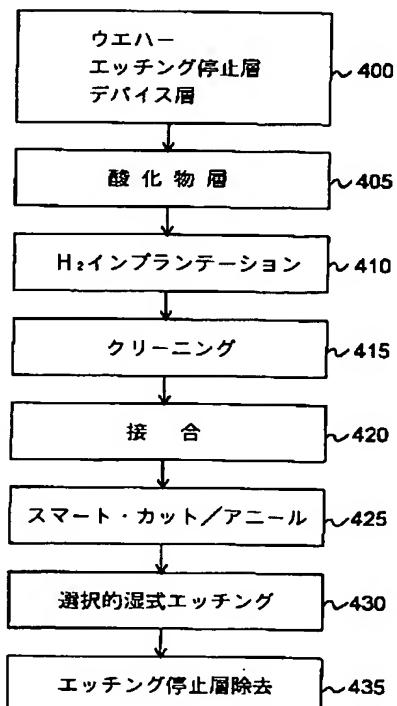
(74)代理人 弁理士 坂口 博 (外2名)

(54)【発明の名称】半導体材料薄膜の製造のための改良型スマート・カット・プロセス

(57)【要約】

【課題】スマート・カット・プロセスと同様であるが研磨による厚さの変動を受けないようなプロセスであって、シリコン製造と両立性があり、スマート・カット・プロセスとは関係なくSOIデバイス層の均一性及び厚さが選択及び制御可能であるようなプロセスを提供する。

【解決手段】スマート・カット・プロセスを組み合わせてエッチング停止層を用いることにより、スマート・カット・プロセスを改良した単結晶フィルムの製造プロセスが開示される。エッチング停止層があるため、製造後に化学的機械的研磨(CMP)が必要とされない。従って、絶縁体上のシリコン(SOI)型の製造された基体におけるデバイス層の厚さおよび平滑性は、CMPのパラメータで決まるのではなく、付着された層の均一度および平滑度によって決まる。従って、デバイス層の平滑度および均一性が改善される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】後で半導体構造が形成される実質的に均一な厚さの薄い半導体層を形成する方法であって、半導体基体から成る第1のウエハーを与えるステップと、  
第1のウエハーの上にエッチング停止層を形成するステップと、  
エッチング停止層の上にデバイス層を形成するステップと、  
デバイス層の上に接合層を形成するステップと、  
埋設層をその中に形成するために前記半導体基体中にイオンをインプランツするステップと、  
接合層を第2のウエハーに接合するステップと、  
第1および第2ウエハーを第1の温度に加熱するステップと、  
接合された第1および第2のウエハーを埋設層に沿って分離して第2のウエハーが最上部の表面層を持つようにする分離ステップと、  
最上部の表面層およびエッチング停止層を取り除くステップと、  
を含み、これによりデバイス層の下にある部分が第2のウエハーに残って薄い半導体層を形成するようにすることを特徴とする方法。

【請求項2】前記分離ステップの後、前記最上部の表面層を有する前記第2のウエハーを第2の温度まで加熱するステップを更に含む請求項1の方法。

【請求項3】第2のウエハーを加熱する前記ステップは30分ないし8時間の範囲にわたって1000°Cでアニールすることを含む請求項2の方法。

【請求項4】前記半導体基体はシリコン(Si)基体であり、前記イオンは水素イオンであり、前記埋設層は水素およびシリコンから成る請求項1の方法。

【請求項5】前記水素イオンは50ないし150KeVの範囲のエネルギー、および $2 \times 10^{16}$ ないし $1 \times 10^{17}$ イオン/ $\text{cm}^2$ の範囲の濃度でインプランツされる請求項4の方法。

【請求項6】前記埋設層は前記接合層の最上部の表面の1ないし $2\mu\text{m}$ の深さの所に形成される請求項1の方法。

【請求項7】前記加熱するステップは30分ないし120分の範囲の間400°Cないし600°Cの範囲の温度でアニールすることを含む請求項1の方法。

【請求項8】前記接合層を前記第2のウエハーに接合する前記ステップは親水性接合である請求項1の方法。

【請求項9】前記半導体基体はSi基体であり、前記接合層を前記第2のウエハーに接合する前記ステップは、前記第2のウエハーの露呈された表面上に2酸化シリコンの層を形成するステップと、  
前記接合層および前記2酸化シリコン層を濡らすステップと、

前記接合層および前記2酸化シリコン層を接触させるステップと、  
前記接合層および前記2酸化シリコン層を互いに押圧してその間に接合を形成するステップと、  
を含む、請求項1の方法。

【請求項10】前記最上部の表面層および前記エッチング停止層を取り除く前記ステップは、  
前記エッチング停止層をそれ程侵さない第1のエッチング剤で前記最上部の表面層をエッチングするステップと、

10 前記デバイス層の残存部をそれ程侵さない第2のエッチング剤で前記エッチング停止層をエッチングするステップと、  
を含む請求項1の方法。

【請求項11】前記第1のエッチング剤は水酸化カリウムまたは水酸化アンモニウムの溶液から成る請求項10の方法。

【請求項12】前記最上部の表面層および前記エッチング停止層を取り除く前記ステップは、10対1以下の選択性を持つ低い選択性のエッチング剤で前記最上部の表面層を取り除き、続いて10対1以下の選択性のエッチング剤で前記エッチング停止層を取り除くことを含む請求項1の方法。

【請求項13】前記半導体基体はSi基体であり、前記エッチング停止層は高濃度にドープされたSi層、シリコーンゲルマニウム(Si-Ge)層、応力歪みSi-Ge層、Ge層、およびSi-GeのGeで補償された層の何れかである請求項1の方法。

30 【請求項14】前記エッチング停止層は $10^{20}$ ないし $10^{21}$ 原子/ $\text{cm}^3$ の範囲の濃度の硼素でドープされる請求項1の方法。

【請求項15】前記エッチング停止層の厚さは100ないし2000Åの範囲である請求項1の方法。

【請求項16】前記エッチング停止層の厚さは250Åである請求項15の方法。

【請求項17】前記エッチング停止層を形成する前記ステップは化学的蒸着を用いる請求項1の方法。

【請求項18】前記半導体基体はSi基体であり、前記デバイス層はSi、Ge、またはSi-Geの1つである請求項1の方法。

40 【請求項19】前記デバイス層は5ないし30パーセントの範囲内の原子パーセントのGeを含むSi-Geである請求項18の方法。

【請求項20】前記半導体基体はSi基体であり、前記デバイス層はSi、Ge、およびSi-Geの内の少なくとも1つである請求項1の方法。

【請求項21】前記デバイス層の厚さは500ないし5000Åの範囲内である請求項1の方法。

【請求項22】前記デバイス層の厚さは1000Åである請求項21の方法。

【請求項23】前記接合層およびデバイス層をフォトリソグラフによりパターン化してエッチングし、これにより前記接合するステップの前に開孔を形成するステップを更に含む請求項1の方法。

【請求項24】前記半導体基体はシリコンである請求項1の方法。

【請求項25】絶縁性構造体の上に薄いシリコン層を形成する方法であって、

シリコン基体から成る第1のウエハーを与えるステップと、

第1のウエハーの上にエッティング停止層を形成するステップと、

エッティング停止層の上にデバイス層を形成するステップと、

デバイス層の上に接合層を形成するステップと、

水素が豊富な埋設層をその中に形成するために前記シリコン基体中に水素イオンをインプラントするステップと、

第2のウエハーの露呈された表面上に2酸化シリコンの層を形成するステップと、

前記接合層および前記2酸化シリコン層を濡らすステップと、

前記接合層及び前記2酸化シリコン層を互いに接触させるステップと、

前記接合層及び前記2酸化シリコン層の間に親水性接合を形成するために前記接合層及び前記2酸化シリコン層を互いに押しつけるステップと、

前記接合された第1および第2ウエハーを第1の温度でアニールするステップと、

接合された第1および第2のウエハーを前記埋設層に沿って分離して第2のウエハーが前記第1のウエハーからのSiから成る最上部の表面を有するようにする分離ステップと、

前記最上部の表面を有する前記第2のウエハーを第2の温度でアニールするステップと、

前記エッティング停止層の残存部分をそれ程侵さない第1のエッティング剤で前記最上部の表面層をエッティングするステップと、

前記デバイス層の残存部分をそれ程侵さない第2のエッティング剤で前記エッティング停止層をエッティングするステップと、

を含み、これによりデバイス層の下にある部分が第2のウエハーに残って、前記絶縁性構造体の上に薄いシリコン層を形成することを特徴とする方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、概して半導体薄膜の製造プロセスに関するものであり、具体的には単結晶フィルムの製造に適用可能なプロセスに関する。

##### 【0002】

【従来の技術】単結晶半導体フィルムを製造するためには種々の方法及びプロセスがあるが、これらは複雑で高コストであることが多い。多結晶または非晶質フィルムを製造することは比較的容易であるが、単結晶フィルムを製造することはもっと困難である。単結晶フィルムを製造するのに用いられる方法の内には絶縁層上のシリコン(SOI)型の基体の製造に用いられるものがあるが、その目的はフィルムから電気的に絶縁された基体上に単結晶シリコン・フィルムを製造することにある。

【0003】従来型のSOIウエハーの断面が図1に示されている。基体10の上に絶縁層15が形成される。絶縁層15の上にデバイス層20が形成される。SOIウエハーはマイクロエレクトロニクスの分野において知られており、放射線硬化デバイスを含む特別の用途、例えばスタティック・ランダム・アクセス・メモリ(RAM)、および最近では高性能相補型金属酸化物半導体(CMOS)やダイナミック・ランダム・アクセス・メモリ(DRAM)の用途に用いられる。SOIウエハーは、1) 酸素インプラント(SIMOX)(シリコンに酸素がインプラントされて2酸化シリコン(SiO<sub>2</sub>)埋設層に変換される)、2) ウエハーボンディングーエッチ・バック(BESOI)(2枚のウエハーが酸化表面層で接合され1つの層が薄いデバイス層を残すために薄くされる)、により通常は製造される。過去数年の間BESOIに基づくSOI材料技術への関心が高まってきている。従来のBESOIプロセスでは、均一性および許容誤差の問題を最小限にするために複数回エッチされた層が用いられている。

【0004】SOI基体を製造するもう1つの最近のプロセスは、スマート・カット(登録商標)プロセスである。スマート・カット・プロセスは米国特許第5,374,564号に述べられている。これはBESOIプロセスと同じであるが、エッティングにより薄くする代わりに接合の前にインプラントされる水素層を用いており、これにより接合後バルクのシリコンが割れて薄い層を残す。つまり、スマート・カット・プロセスでは接合されたウエハーからデバイス・ウエハーのバルクを割るために水素インプランテーションおよびアニーリングが用いられる。切り取られた形のSOIウエハーを平面化し不均一性を最小にするために化学的機械的研磨(CMP)が用いられる。

【0005】スマート・カット・プロセスは次のステップから成る。1) デバイス・ウエハーがデバイス級品質の表面層を持つように処理され、デバイス層の上に酸化物層が設けられ、ある深さの所に水素が豊富な埋設層がインプラントされる。2) 酸化物表面を持つ“ハンドル・ウエハー”が与えられる。3) デバイス・ウエハーがひっくり返されて酸化物表面が接合される。4) 構造体がアニールされ水素生成により接合空所が形成される。5) 構造体が割れる。6) 転写されたデバイス層がCM

P研磨され清浄にされる。

【0006】図2はスマート・カット・プロセスを用いてSOI基体を形成するプロセス・ステップの流れ図である。図3ないし図5は図2のステップを示す図である。デバイス級品質のウエハー200がステップ100で与えられる。ウエハー表面はステップ105で酸化され、これにより熱的に成長したSiO<sub>2</sub>層205（即ち誘電体層）により被せられる、即ち埋設される。誘電体層205はSOI構造の埋設された酸化物となる。水素イオンがステップ110において50ないし150KeV、 $2 \times 10^{16}$ ないし $1 \times 10^{17}$ イオン/ $\text{cm}^2$ の濃度でインプラントされ、図3に示されるように上面の約0.5ないし1μm下に水素に富んだ層210を形成する。デバイス層となる薄いシリコン層は層207で示されている。

【0007】デバイス・ウエハー200および支持基体（インプラントされていないハンドル・ウエハー）220がRCAウエハー・クリーニング手順などの通常のクリーニング手法を用いてステップ115でクリーニングされる。デバイス・ウエハー200および支持基体220の表面は親水性にされ、図4に示されるようにステップ120で室温において共に接合される。支持基体220は剛直性を与えるものとして働き、SOI構造中の埋設酸化物の下にバルク・シリコンを与える。

【0008】親水性（または直接的）接合では、原子の電荷が存在するため材料表面に水酸基グループ(OH-)が形成される。更に、表面上に水分子の幾層かが水酸基グループの周りに形成される。それぞれ十分に平らな面を有するこのような2つのイオン性物質が互いに付着すると、これらの物質は水酸基グループおよび水分子の間に形成される水素結合による親水性接合によって互いに強固に接合される。このようにしてイオン性物質の平らな面は接着剤を用いることなく互いに親水性接合で接合されうる。その後のアニーリングは接合を更に強化する。

【0009】接合された2つのウエハー200および220に2相の熱処理が加えられる。ステップ125において、接合されたウエハー200及び220は約400ないし600℃までアニールされ、これがもろいシリコン水酸化物の領域の形成およびリンクを促進する。水酸化物領域が水を横切って完全にリンクされるとデバイス・ウエハー200は割れて水素が豊富な面にそって接合体から離れる。薄いシリコン層207は図5に示すように支持基体220に接合されたままとなる。次に薄いシリコン層207（デバイス層）が依然接合されている支持基体220が高温（約1000℃）でアニールされて支持基体220とデバイス層207との間の接合をより強固にする。分離後、デバイスの分離面は数百オングストローム程度の粗さを持つのが普通である。表面の粗さを減らすためにステップ130でCMPが実施される。

したがって、インプランテーション・プロセスによりその厚さが良好に決められるのにも関わらず、最終的な厚さの均一度および表面粗さは主としてCMPのパラメータに依存する。

【0010】スマート・カット・プロセスの1つの欠点はカットした状態の表面の粗さが表面平滑化のため研磨（例えばCMP）を必要とすると言うことである。この研磨はウエハー全体にわたってデバイス層の厚さの均一性に影響を与える。従って、研磨プロセスは粗さを改善するけれども同時に厚さの変動を生じる。

【0011】もう1つの欠点は、スマート・カット・プロセスを用いて非常に薄いデバイス層（約1000Åの厚さ程度）を得ることが容易でないと言うことである。これは水素のインプラントおよび拡散が大きな不確実性を持ち、このためより厚い層の形成から出発してそれを薄くし、200Åの許容誤差の中に納めることを必要とするからである。しかしながら、スマート・カット・プロセスにおいてカットされた状態のウエハーの粗さは約100ないし200Åの範囲にあるのが普通である。したがって、スマート・カット・プロセスはこのような薄層デバイスにうまく適合するものではない。

【0012】SOI構造を作るその他の方法はエッティング停止層またはエッティング選択性の層を用いる。例えば、BESOI処理の或る形では厚さおよび均一性の制御を改善するためにCMPと共にエッティング停止層が用いられる。しかしながら、従来のプロセスではエッティングおよびエッティング停止層がCMPに加えて用いられる。

### 【0013】

【発明が解決しようとする課題】単結晶フィルムを作る技術は十分に開発されているが、この技術につきまとう幾つかの問題が残されている。或る特定の問題は、表面粗さを除去するために研磨するので、デバイス層の最終的厚さおよび均一性が容易に制御されないことである。従って、スマート・カット・プロセスと同様であるが研磨による厚さの変動を受けないようなプロセスに対する必要性が存在する。また、シリコン製造と両立性があり、スマート・カット・プロセスとは関係なくSOIデバイス層の均一性及び厚さが選択及び制御可能であるようなプロセスに対する必要性がある。

### 【0014】

【課題を解決するための手段】本発明においては、エッティング停止層が出発基体のデバイス層の下に形成される。エッティング停止層を用いることにより、CMPの必要性が避けられ、最終的なデバイスの厚さ、均一性、および平滑性が付着されるフィルムによって決まることがある。このエッティング停止層は化学的蒸着(CVD)またはインプランテーションによって形成することができる。

【0015】本発明において、後で半導体構造が形成さ

れる実質的に均一な厚さの薄い半導体層は、半導体基体（この後シリコン（Si）基体と呼ばれる）から成る第1のウエハーを与え、第1のウエハーの上にエッティング停止層を形成し、エッティング停止層の上にエピタキシャル・デバイス層を形成し、デバイス層の上に接合層を形成し、埋設層をその中に形成するためにシリコン基体中にイオンをインプラントし、接合層を第2のウエハーに接合し、第1および第2ウエハーを加熱し、埋設層に沿って接合された第1および第2のウエハーを分離して第2のウエハーが第1のウエハーからのSiからなる最上部の表面層を持つようにし、最上部表面層およびエッティング停止層を取り除き、これによりエピタキシャル・デバイス層の下にある部分が第2のウエハーに残って薄い半導体層を形成することによって作られる。

【0016】本発明に含まれるもう1つの実施例は、エッティング停止層をそれ程侵さない第1のエッティング剤の中で最上部表面層をエッティングし、次にエピタキシャル・デバイス層の残存部分をそれ程侵さない第2のエッティング剤の中でエッティング停止層をエッティングすることを含む。

【0017】本発明に含まれる更に別の実施例は、接合層およびエピタキシャル・デバイス層をフォトリトグラフによりパターン化してエッティングし、これによりイオン・インプラント・ステップの後にその中に開孔を形成することを含む。

【0018】本発明の上述の態様及びその他の態様は添付図面と共に以下の詳細な説明を考察することによって明らかとなるであろう。

#### 【0019】

【発明の実施の形態】本発明はスマート・カット・プロセスにおいてエッティング停止層を用いることによりその改良を図る。エッティング停止層があるのでウエハーが分離された後（図2のステップ125）化学的機械的研磨（CMP）が必要とされない。従って、製造された絶縁体上のシリコン（SOI）型の基体におけるデバイス層の厚さおよび平滑度は、CMPのパラメータではなく、蒸着層の均一度および平滑度、並びに湿式エッティングの選択性によって決まる。これによりデバイス層の平滑度および均一度が改善される。

【0020】図6は本発明による製造プロセスの例示的1実施例の流れ図である。図7ないし図13は、図6のプロセス流れ図から選ばれたステップの対応する断面図を示す。所望の配位を有する好適にはシリコンの単結晶半導体ウエハー500がステップ400における出発点として用いられる。出発ウエハー500のどの部分も最終的SOI構造において残らないので、ウエハー500はデバイス級の品質を持つ必要はない。ウエハー500は $10^{15}$ ないし $10^{18}$ 不純物/ $\text{cm}^3$ の範囲の低いドープ濃度を有するのが普通である。所定の組成および厚さの薄いエッティング停止層505がウエハー表面にエピタ

キシャルに成長される。エッティング停止層505は $3.9 \times 10^{-7}$ ないし $7.8 \times 10^{-5}$ インチ（100ないし2000Å）の範囲の厚さであることが好ましく、特に約 $9.8 \times 10^{-7}$ インチ（250Å）の厚さであることが最も好ましい。エッティング停止材料は基体材料に比べてそのエッティングの振る舞いが選択性であるように選ばれる。例えば、高濃度にドープされた（p+またはp-）シリコン層、シリコングルマニウム（SiGe）層、応力歪みSi—Ge層、またはGe層をエッティング停止層として用いることができる。エッティング停止層505は高濃度にドープされたSi—GeのGe補償層であることが好ましい。ドーパント濃度は $10^{20}$ ないし $10^{21}$ 原子/ $\text{cm}^3$ の範囲の硼素であることが好ましい。この層は化学的蒸着（CVD）プロセスを用いて付着されるのが好ましい。

【0021】次に図7に示すように、選択された厚さおよびドーパント濃度の薄いデバイス層510がエッティング停止層505の上にエピタキシャルに付着される。エッティング停止層505の選択は、高品質の格子位置の狂いが少ないデバイス層510が付着されるようにエッティング停止層505とデバイス層510との間の応力の不整合を考慮に入れる必要がある。デバイス層510はSi、Si—Ge、Ge、またはその他任意の化合物半導体であって良い。この用途に用いられるSi—Ge層は5ないし30原子パーセントのGeを含んでよい。デバイス層510の厚さは約 $3.9 \times 10^{-6}$ インチ（1000Å）であることが好ましく、デバイスの応用上の必要に応じて $2 \times 10^{-6}$ ないし $2 \times 10^{-5}$ インチ（500ないし5000Å）の範囲であって良い。

【0022】ステップ405でデバイス層510の表面上に酸化物層515（即ち、接合層または誘電体層）が形成される。接合層515はデバイス層510の一部を熱的に酸化することによって形成されるのが好ましいが、高品質の付着酸化物（熱酸化物と同様なもの）を用いることもできる。図8はデバイス層510の一部が熱的に酸化物層515に変換されており、層510の厚さが対応して減少していることを示す。厚さが減少したデバイス層を510'で示す。2酸化シリコンを付着するためには種々のCVDおよび物理的付着プロセスを用いることができる。熱酸化によりデバイス層510をその場で酸化物に変換するには炉での酸化または急速熱酸化によって行うことができる。層505、510及び515の合計厚さは約 $0.8 \times 10^{-5}$ ないし $4 \times 10^{-5}$ インチ（2000Åないし1μm）の範囲であるのが普通である。

【0023】ステップ410で、 $10^{-16}$ ないし $2 \times 10^{-17}$ イオン/ $\text{cm}^2$ の濃度、50ないし150KeVのインプランテーション・エネルギーで基体500に水素イオンがインプラントされる。より大きな基体ではより高い濃度を用いることができる。水素インプランテーシ

ヨンは酸化物層515の最上部表面から約 $4 \times 10^{-5}$ ないし $8 \times 10^{-5}$ インチ(1ないし $2 \mu\text{m}$ )の深さの所に水素が豊富な層520を形成する。エッティング停止層505、デバイス層510及び表面酸化物層515の厚さは判っているので、インプラントされる水素のピークがエッティング停止層の下の所望の深さの所に生じるように適正なインプランテーション電圧を選択することができる。

【0024】表面酸化物層535を有する支持ウエハー基体530が与えられ、ステップ415で基体500及び530の両方ともRCAクリーニング・プロセスのような普通の湿式処理を用いてクリーニングされる。クリーニングにより層515及び535の表面から表面不純物および粒子が取り除かれる。クリーニングその他の処理は、層515及び535の表面に舞い落ちる粒子の数を最小にするためクリーン・ルームで行われることが好ましいことに留意されたい。

【0025】図9に示されるようにステップ420で、層515及び535の表面は親水性により接合される。親水性接合は露呈された表面をクリーニングし、表面を濡らし、表面同士を互いに接触させ、そして表面同士を押しつけ合うことにより行われる。親水性による接合は室温で行われることが好ましい。

【0026】引き続きステップ425で、約400ないし600°Cの間の温度まで加熱することにより、接合されたウエハーがアニールされる。この温度は約500°Cで約30ないし120分の間であることが好ましい。アニールすることにより水酸化物相が形成され、水酸化物相がリンクされ、この結果、図9に示すように基体500の層520に沿って接合されたウエハーが割れたり、または劈開されたりすることになる。これは2つの別個の構造体をもたらす。1つは基体500'で有り、これは本質的にウエハー500である。もう1つは基体530であり、これは層505、510'および515と共に薄い最上部表面層500"を有する。図11は分離ステップの後のSOIウエハーの構造を示す。層500"はインプラントの深さおよびデバイス、エッティング停止層および酸化物層の厚さに基づいて約 $1 \times 10^{-5}$ ないし $4 \times 10^{-5}$ インチ( $2500 \text{ \AA}$ ないし $1 \mu\text{m}$ )の範囲の厚さである。

【0027】次に、薄いシリコン層510'(デバイス層)がまだ接合されている支持基体530を高温度(約1000°C)で約30分ないし8時間の間アニールして支持基体530及びデバイス層510'の間の接合を強化することが好ましい。

【0028】ステップ430で薄い最上部表面層500"を除去するため選択的な湿式エッティングが行われる。エッティングはエッティング停止層505によって停止される。層500"の形状または粗さおよび非均一性はエッティングの選択性に応じて十分に低減される。10倍

の中庸の選択性はエッティング停止層505の上で10倍だけ層500"の粗さおよび非均一性を低減する。例えば、 $7.8 \times 10^{-7}$ ないし $1.2 \times 10^{-6}$ インチ(20ないし $300 \text{ \AA}$ )の粗さはエッティング停止表面の上で $7.8 \times 10^{-7}$ インチ( $20 \text{ \AA}$ )以下まで低減されるであろう。水酸化カリウム(KOH)または水酸化アンモニウム(NH4OH)などの腐食性のエッティング溶液は高濃度にドープされたSiまたはSi-Geに比べて低濃度にドープされたシリコンを100対1またはそれ以上の比率でエッチする(即ち、低濃度にドープされた基体対エッティング停止層のエッティングの選択性は100対1である)。その後残存するエッティング停止層505はステップ435で湿式または乾式エッティングにより除去される。選択性プロセスは好ましく、2倍と言う低い選択性であっても有益である。図13は例示的プロセスから得られる完成SOIウエハーを研磨していない状態を示す。またここでデバイス層の厚さはデバイス層の付着の均一性およびエッティング停止層によって正確に制御されている。

【0029】結果として得られるデバイス層510'は蒸着された状態のデバイス層510の平滑度とほぼ同じ平滑度を有し、仕上げを必要としない。エッティング停止層505及びデバイス層510は蒸着層であるから、ウエハー全体にわたって非常に良好な均一度及び厚さの制御が可能であり、これはこの例示的プロセスにおいても当てはまる。

【0030】図14は本発明による製造プロセスの別の例示的実施例のプロセス流れ図を示す。図14において、プロセス・ステップは図6に関して述べたものと同じであるが、接合における問題を除くために追加のプロセス・ステップが用いられている点だけが異なる。物理的接合の品質は接合面にある粒子の存在および局部的なウエハーの歪みにより不利な影響を受ける。物理的接合を作り上げるために相当な力でもってこれらの面を密に接觸させる場合でも高品質の表面が必要である。例えば、ウエハーの上に3、4個の粒子があってもウエハーの大面積の密な接觸が妨げられることがある。

【0031】この問題を最小にする1つの方法はフォトリトグラフィおよびエッティング・プロセスを用いて酸化物層515及びデバイス層510を、ここのチップ・サイズに相当する大きな表面アイランドまたは溝の形にパターン化することである。これはウエハー上の個々の粒子がそれが置かれた個々のアイランドに影響を与えるが隣のアイランドには影響を与えないようにする。これは、1つの大きな領域の代わりに複数のより小さな領域が取り付けられ、接合されると言う利点を与える。このようにして、デバイス・アイランドの大きな領域が首尾良く転写されデバイスをつくるために使用できるようになる。

【0032】更に、窪んだ領域はクリーニングの間に粒

子のトラップとして働いて接合プロセスからの歩留まりを高めるのに役立つ。更に、ウエハーの1つに局部的な歪みがあると個々のチップの場所が失われることになるが、デバイス層全体で場所が失われるわけではない。図14はプロセス・ステップについて図6と同じであるが、ステップ410がステップ600と置き換わられる点だけが異なる。ステップ600において、追加のパターン化ステップが含まれている。アイランドまたは溝は $4 \times 10^{-5}$ ないし $8 \times 10^{-5}$ インチ(1ないし $2 \mu\text{m}$ )の深さにエッチングされるのが好ましい。溝は酸化物層およびデバイス層を通り越してエッチングされることが好ましいが、エッチング停止層505に入り込んでも良い。

【0033】本発明は、シリコンゲルマニウム(Si-Ge)、Ge、およびSiの薄層を層が蒸着されるにつれて絶縁性基体上のサンドイッチ構造として形成する有利な方法を提供する。例えば、Si/SiGe/Si/SiO<sub>2</sub>の最終的構造を形成することを望むならば、デバイス・ウエハーの上に高濃度にドープされたSiGeエッチング停止層を付着し、これに続いてSi/SiGe/Si層を付着する。最上部のシリコン層の一部が接合を与えるために酸化されうる。その他のプロセス・ステップは図6および図14に関して述べたのと同じである。SiGeデバイス層は高周波トランジスタを形成するのに望ましい。

【0034】本発明はスマート・カット・プロセスおよびBESOIプロセスの望ましい面を組み合わせてこれらプロセス単独で得られるものより均一性の優れた薄いデバイスSOI層を実現する。本発明はCMPの必要性を除くためにエッチング停止層を使用してデバイス層の厚さの正確な制御を実現する。デバイス層の均一性はスマート・カット・プロセスまたはCMPプロセスとは無関係である。本発明はスマート・カット・プロセスのコスト的な利点を保って、それを均一な薄いデバイス層をより容易にかつ高い信頼度で得るように拡張するものである。本発明は平滑で均一なデバイス層を有するSOIウエハーを得るために分離後の研磨を何ら必要としない。本発明はスマート・カット・プロセスの限界を超えてより良好な歩留まりを可能にし、デバイス層の厚さに対してより良い制御を与える。

【0035】本発明はある種の特定の実施例を参照して

説明されたが、本発明はここで示されたものに限定されることを意図するものではない。本発明の精神から逸脱することなく、特許請求の範囲の均等物の範囲において種々の変更が細部において加えられることは言うまでもない。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】従来型のSOIウエハーの側面図を示す。

【図2】従来のスマート・カット・プロセスのプロセス・ステップの流れ図を示す。

【図3】図2のプロセスに従って製造される従来のウエハーの側面図である。

【図4】図2のプロセスに従って製造される従来のウエハーの側面図である。

【図5】図2のプロセスに従って製造される従来のウエハーの側面図である。

【図6】本発明による例示的製造プロセスのプロセス流れ図を示す。

【図7】図6のプロセスに従って製造されるウエハーの側面図である。

【図8】図6のプロセスに従って製造されるウエハーの側面図である。

【図9】図6のプロセスに従って製造されるウエハーの側面図である。

【図10】図6のプロセスに従って製造されるウエハーの側面図である。

【図11】図6のプロセスに従って製造されるウエハーの側面図である。

【図12】図6のプロセスに従って製造されるウエハーの側面図である。

【図13】図6のプロセスに従って製造されるウエハーの側面図である。

【図14】本発明による別の例示的製造プロセスのプロセス流れ図を示す。

#### 【符号の説明】

500：ウエハー

505：エッチング停止層

510：デバイス層

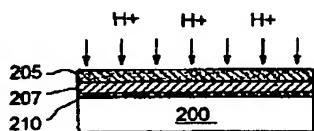
515：接合層

520：水素が豊富な層

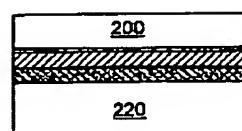
530：支持ウエハー基体

535：酸化物層

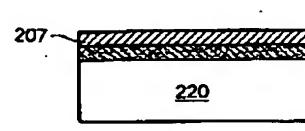
【図3】



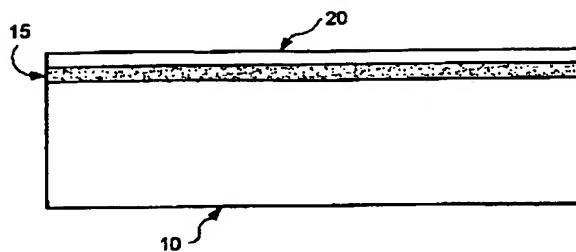
【図4】



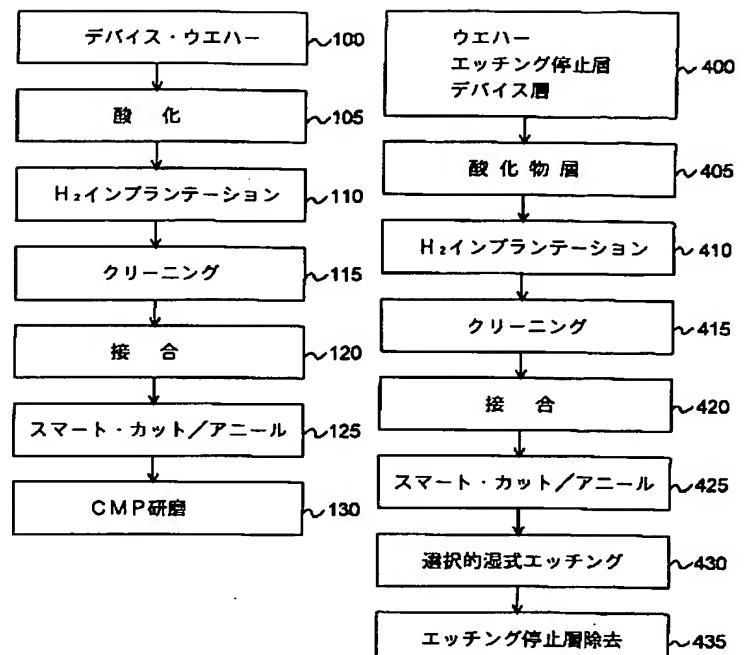
【図5】



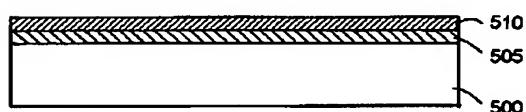
【図1】



【図2】



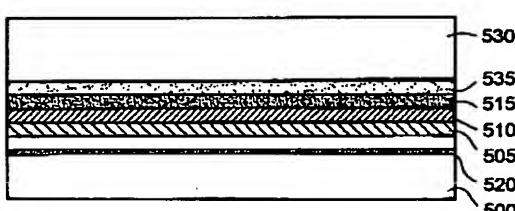
【図7】



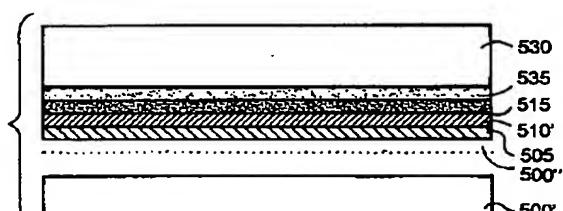
【図8】



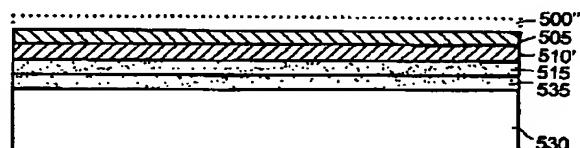
【図9】



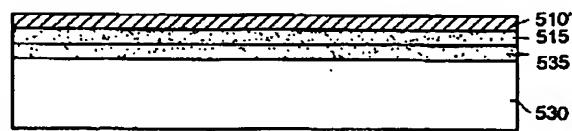
【図10】



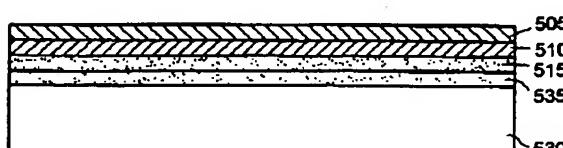
【図11】



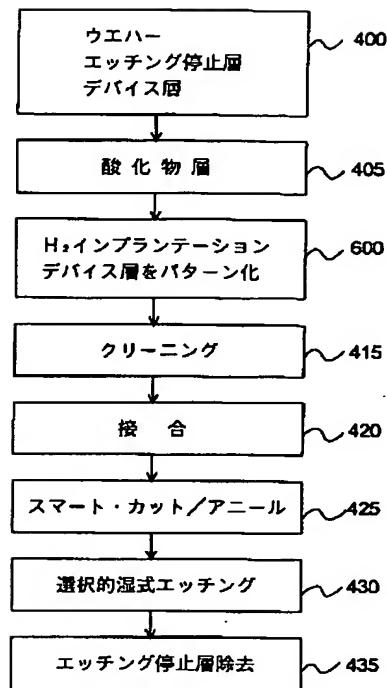
【図13】



【図12】



【図14】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

**BLACK BORDERS**

**IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

**FADED TEXT OR DRAWING**

**BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

**SKEWED/SLANTED IMAGES**

**COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

**GRAY SCALE DOCUMENTS**

**LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

**REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

**OTHER:** \_\_\_\_\_

### **IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**